

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-350335
 (43)Date of publication of application : 04.12.2002

(51)Int.Cl.

G01N 21/27

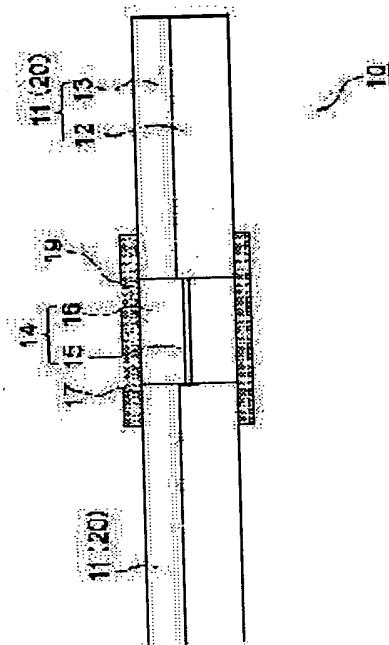
(21)Application number : 2001-159618 (71)Applicant : TAMA TLO KK
 (22)Date of filing : 28.05.2001 (72)Inventor : WATANABE KAZUHIRO
 SEKI ATSUSHI
 IGA MITSUHIRO
 KUBOTA YUZURU

(54) REFRACTIVE INDEX SENSOR, SENSOR SYSTEM AND OPTICAL FIBER

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a refractive index sensor which has a simple structure, is simply manufactured and can easily and accurately measure a refractive index of a desired sample.

SOLUTION: When a light transmitted in an optical fiber 11 enters into a hetero core 14 of a plasmon resonance sensor 10, a sufficient quantity of the light extends in a clad 16 and the light is reflected by an outer interface 19 of the fiber in the clad 16 in a cladding mode. Since a metal thin film 17 is formed on the outer interface 19 of the clad, a surface plasmon phenomenon is excited, a light entering at the predetermined incident angle influenced by an atmosphere on a surface of the metal thin film 17 and depending on a characteristic of the sample is used for excitation of the surface plasmon phenomenon, and light intensity is reduced. The refractive index of the sample is found by finding degree of a loss at a wavelength of a propagated light in a spectral analyzer 40.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-350335

(P2002-350335A)

(43) 公開日 平成14年12月4日 (2002. 12. 4)

(51) Int.Cl.⁷

G 0 1 N 21/27

識別記号

F I

G 0 1 N 21/27

テマコード* (参考)

C 2 G 0 5 9

審査請求 未請求 請求項の数15 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願2001-159618(P2001-159618)

(22) 出願日 平成13年5月28日 (2001. 5. 28)

(71) 出願人 800000080

タマティーエルオー株式会社

東京都八王子市旭町9番1号 八王子スク

エアビル11階

(72) 発明者 渡辺 一弘

東京都八王子市丹木町1-236 創価大学

内

(72) 発明者 関 篤志

東京都八王子市丹木町1-236 創価大学

内

(74) 代理人 100094053

弁理士 佐藤 隆久

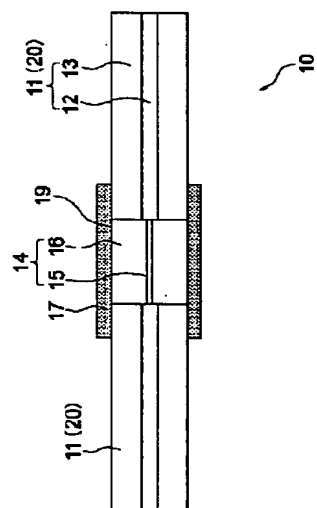
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 屈折率センサー、センサーシステムおよび光ファイバ

(57) 【要約】

【課題】 簡単な構成で製造が簡単で、所望の試料の屈折率を容易かつ正確に測定することのできる屈折率センサーを提供する。

【解決手段】 光ファイバ11内を伝送された光がプラズモン共鳴センサー10のヘテロ・コア部14に入射されると、相当の量がクラッド部16に広がり、クラッド部16ではクラディングモードとしてファイバの外境界面19で光の反射が行われるようになる。クラッド外境界面19には金属薄膜17が形成されているため、これにより表面プラズモン現象が励起され、金属薄膜17の表面の雰囲気に影響された、試料の特性に依存した所定の入射角の光が表面プラズモン現象の励起に使われ、光の強度が減少される。スペクトルアナライザ40において、伝播された光の波長に対する損失の度合を求めることにより、試料の屈折率を求めることができる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 コアおよびクラッドを有し、入射した光を伝送する第 1 および第 2 の光伝送部と、

前記第 1 および前記第 2 の光伝送部のコアとは径の異なるコアを有し、前記第 1 の光伝送部と前記第 2 の光伝送部の間に、当該各光伝送部のコアと前記コアが接合するように設けられたヘテロ・コア部と、
前記ヘテロ・コア部の周囲を被覆し、外部が試料に接触される金属薄膜とを有する屈折率センサー。

【請求項 2】 前記ヘテロ・コア部は、前記第 1 の光伝送部および前記第 2 の光伝送部の径よりも径の小さいコアと、当該コアを被覆するクラッドを有し、
前記金属薄膜は、前記ヘテロ・コア部の前記クラッドの表面に形成された請求項 1 に記載の屈折率センサー。

【請求項 3】 前記第 1 および第 2 の光伝送部のコア径は約 50 μm であり、前記ヘテロ・コア部のコア径は約 3 μm である請求項 2 に記載の屈折率センサー。

【請求項 4】 前記第 1 の光伝送部、前記第 2 の光伝送部および前記ヘテロ・コア部のいずれか 1 つ、複数あるいは全ては、光ファイバで構成される請求項 1～3 のいずれかに記載の屈折率センサー。

【請求項 5】 前記ヘテロ・コア部は、前記第 1 の光伝送部および前記第 2 の光伝送部のコアの径よりも径の大きいコアを有し、
前記金属薄膜は、前記ヘテロ・コア部の前記コアを被覆するように当該コアの表面に形成された請求項 1 に記載の屈折率センサー。

【請求項 6】 前記第 1 の光伝送部と前記ヘテロ・コア部、および、前記ヘテロ・コア部と前記第 2 の光伝送部のいずれか一方または両方は、各々融着されている請求項 1～5 のいずれかに記載の屈折率センサー。

【請求項 7】 所定の光を発し、任意の光伝送手段を介して前記請求項 1～5 のいずれかに記載の屈折率センサーに入射する光源と、

前記発せられた光が入射され通過される前記屈折率センサーであって、所望の被検査対象の試料に前記金属薄膜が接触される屈折率センサーと、
前記屈折率センサーを通過した光が入射され、当該入射された光の所定の特性を検出し、当該特性の検出結果に基づいて、前記試料に関わる所定の物理量、化学量または現象を検出する特性検出装置とを有するセンサーシステム。

【請求項 8】 前記光源は、複数の波長の光を有する光を発して前記屈折率センサーに入射し、
前記特性検出装置は、前記入射された前記屈折率センサーを通過した光について、減衰している波長および／または減衰量を検出する請求項 7 に記載のセンサーシステム。

【請求項 9】 前記光源は、単一波長の光を発して前記屈折率センサーに入射し、

前記特性検出装置は、前記前記入射された前記屈折率センサーを通過した光について、光の減衰量を検出する請求項 7 に記載のセンサーシステム。

【請求項 10】 前記特性検出装置は、前記検出結果に基づいて前記試料の屈折率を検出する請求項 7～9 のいずれかに記載のセンサーシステム。

【請求項 11】 前記特性検出装置は、前記検出結果に基づいて前記試料の屈折率を検出し、当該屈折率に基づいて、前記試料の酸度、種類、所定の物質の濃度または所定の物質の密度のいずれかを検出する請求項 10 に記載のセンサーシステム。

【請求項 12】 少なくとも前記屈折率センサーと前記特性検出装置は光ファイバにより接続されており、
実質的に隔離された箇所にある試料に対して、前記所定の物理量、化学量または現象の検出を行う請求項 7～11 のいずれかに記載のセンサーシステム。

【請求項 13】 複数の前記屈折率センサーを有し、
前記光源は、前記複数の屈折率センサーに前記光を入射し、

前記特性検出装置は、前記複数の屈折率センサー各々から入射した光に基づいて、当該複数の屈折率センサーに対応する複数の前記試料について、前記所定の物理量、化学量または現象の検出を行う請求項 7～12 のいずれかに記載のセンサーシステム。

【請求項 14】 入射した光を伝送する光ファイバと、
前記光ファイバのコアとは径の異なるコアを有し、前記第 1 の光ファイバのコアと前記コアが接合するように設けられたヘテロ・コア部と、前記ヘテロ・コア部の周囲を被覆し、外部が試料に接触される金属薄膜とを有する屈折率センサーと、

所定の光を発し、該発した光を、前記光ファイバの前記屈折率センサーのコアが接合されている端部とは反対の端部より当該光ファイバに入射する光源と、
前記光ファイバの前記光を入射した端部より出射される、前記入射した光の後方散乱光の所定の特性を検出し、当該特性の検出結果に基づいて、前記試料に関わる所定の物理量、化学量または現象を検出する特性検出装置とを有するセンサーシステム。

【請求項 15】 入射した光を伝送する第 1 および第 2 の光ファイバ部と、

前記第 1 の光ファイバ部および第 2 の光ファイバ部のコアよりは径の小さいコアを有し、前記第 1 の光ファイバ部および第 2 の光ファイバ部の間に挟装される第 3 の光ファイバ部と、
前記第 3 の光ファイバ部の周囲を被覆した金属薄膜とを有する光ファイバ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、所望の試料の屈折率を容易に検出することのできる屈折率センサー、その

屈折率センサーを用いて所望の試料に関わる任意の物理量、化学量または現象などを容易に検出することのできるセンサーシステム、および、そのような屈折率センサー一部を有する光ファイバに関する。

【0002】

【従来の技術】近年、表面プラズモン現象を利用し、たんぱく質濃度などを測定する、いわゆるバイオセンサーが実用化されている。まず、この表面プラズモン現象について図6を参照して説明する。ガラス内の光が外部との境界面で全反射するとき、その境界面においてエバネッセント波といわれる表面近傍を伝わる波が生じる。これは、波が表面からしみだしている様で表面のみに存在し、外部に行くに従い消えてしまうことからエバネッセント (Evanescence: しだに消える) と言われている。このとき、外部とガラスの境界面に金属薄膜が存在すると、金属内の電子がエバネッセント波によって励起され、金属内の電化密度の振動数である表面プラズモンという表面波が生じる。この現象を表面プラズモン共鳴 (SPR: Surface Plasmon Resonance) と言う。

【0003】ここで、エバネッセント波の波数 k_e は、式(1)のように表される。

【0004】

【数1】

$$k_e = k_p \sin \theta = \frac{2\pi}{\lambda} \sin \theta \quad (1)$$

【0005】また、プラズモン波の波数 k_{sp} は、式(2)のように表される。

【0006】

【数2】

$$k_{sp} = \frac{\omega}{c} \sqrt{\frac{\epsilon n^2}{\epsilon + n^2}} \quad (2)$$

【0007】ここで、 ω は角振動数、 c は光速、 ϵ は金属の誘電率、 n は金属に接している媒質の屈折率である。エバネッセント波の波数 k_e とプラズモン波の波数 k_{sp} が一致するとき、入射する光のエバネッセント波がプラズモン (SPR) を励起して、光のエネルギーが減少して反射波が減少する。そしてこのプラズモン (SPR) は、金属膜表面のごく近くにある媒質からしか影響を受けないため、金属薄膜のごく近くでたとえば媒質の濃度変化などが起きるとこれが、これが屈折率に反映され、反射波の強度を減少させる。したがって、光損失と屈折率の相関関係をあらかじめ既知にしておけば、被測定試料の屈折率を測定することができるのである。

【0008】このような表面プラズモン現象の原理に基づく従来のセンサーとしては、図7～図9に示すようなものがある。図7に示す方法は、平面ガラスの裏面に金属薄膜を設けて被検査試料に接触させ、ガラスにある角度 θ で光を入射してプラズモン共鳴の条件を求めるものである。また、図8および図9に示す方法は、光ファイ

バ内の光と光ファイバ表面に設けた金属薄膜を利用したものである。この図7および図8に示した構成であれば、図7に示したセンサーのように試料をサンプルする必要がなく、被検査試料中にセンサーを接触させれば測定ができるという利点がある。また、この図8および図9に関わる他の方法としては、コアを光ファイバの中心軸からずらして、クラッドの外側境界面近傍にコアを設ける方法もある。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、このような表面プラズモン現象を用いた従来のセンサーにおいては次のような問題がある。まず、図7に示したセンサーにおいては、被検査対象の試料を検査部まで持ち込む必要があるという問題がある。そのため、試料を検査のために別途収集しなければならず、わずかな試料では検査が難しい、被測定試料が遠隔にある場合などには直ちに検査を行うことができない、実際の環境内で検査を行うことができず、たとえば原子炉内など事実上サンプルできない箇所の試料の測定は不可能であるなどの問題がある。また、被測定対象を実時間で常時監視するなどの形態での検査ができないという問題もある。さらに、図7に示したセンサーにおいては、光源および光検出器からなる光学系を別途構成しなければならず、装置が複雑で大規模になり、センサー装置の小型化には限界があるという問題もある。

【0010】また、図8および図9に示す方法では、光ファイバ内のクラッド層を除去してコア部を剥き出し、さらに金属薄膜をコーティングするという複雑かつ精密な特殊な加工工程を必要とし、製造が難しいという問題がある。またこれにより、光ファイバの機械的強度を損ねるという問題がある。また、このような形態のセンサーを構成する場合には、通常普及している伝送用光ファイバを使用したいという要望があるが、このような特殊な加工を必要とするため、通常普及している光ファイバを使用することができないという問題もある。また、図示しない、コアを光ファイバの中心軸からずらして設ける方法においても、特殊な光ファイバを製造する必要があるという点で、前述した問題と同様の問題がある。

【0011】したがって本発明の目的は、簡単な構成で製造が簡単で、所望の試料の屈折率を容易かつ正確に測定することのできる屈折率センサーを提供することにある。また本発明の他の目的は、簡単な構成で製造が簡単で、所望の試料の屈折率を容易かつ正確に測定し、これによりその試料に関わる物理量、化学量あるいは現象などを適切に検出することのできるセンサーシステムを提供することにある。さらに本発明の他の目的は、簡単な構成で製造が簡単で、所望の試料の屈折率を容易かつ正確に測定することのできる屈折率センサー部分を有する、光伝送用の光ファイバを提供することにある。

【0012】

【課題を解決するための手段】前記課題を解決するために、本発明に係る屈折率センサーは、コアおよびクラッドを有し、入射した光を伝送する第1および第2の光伝送部と、前記第1および前記第2の光伝送部のコアとは径の異なるコアを有し、前記第1の光伝送部と前記第2の光伝送部の間に、当該各光伝送部のコアと前記コアが接合するように設けられたヘテロ・コア部と、前記ヘテロ・コア部の周囲を被覆し、外部が試料に接触される金属薄膜とを有する。なお、本発明において、コアはクラッドの有無に関わらず入射された光が主に伝播される構成部のことをさし、クラッドはコアよりわずかに屈折率が低く、コア内を伝播される光が実質的に全反射されるようにコアを取り巻くように形成された構成部を言う。

【0013】特定的には、前記ヘテロ・コア部は、前記第1の光伝送部および前記第2の光伝送部の径よりも径の小さいコアと、当該コアを被覆するクラッドを有し、前記金属薄膜は、前記ヘテロ・コア部の前記クラッドの表面に形成される。

【0014】また、特定的には、前記ヘテロ・コア部は、前記第1の光伝送部および前記第2の光伝送部のコアの径よりも径の大きいコアを有し、前記金属薄膜は、前記ヘテロ・コア部の前記コアを被覆するように当該コアの表面に形成される。すなわち、この構成においてはヘテロ・コア部は、コアに直接金属薄膜が設けられておりクラッドを有さない構成となるが、ここで言うコアは、前述したように光が主に伝播される構成部をいい、必ずしもその材料が第1および第2の光伝送路のコアと同一の材料である必要はない。すなわち、この構成は、コア、クラッドの二重構造ではなく、何らかの光伝播部材の一重構造であることを意味する。

【0015】また、本発明に関わるセンサーシステムは、所定の光を発生し、任意の光伝送手段を介して前記請求項1～5のいずれかに記載の屈折率センサーに入射する光源と、前記発生された光が入射され通過される前記屈折率センサーであって、所望の被検査対象の試料に前記金属薄膜が接触される屈折率センサーと、前記屈折率センサーを通過した光が入射され、当該入射された光の所定の特性を検出し、当該特性の検出結果に基づいて、前記試料に関わる所定の物理量、化学量または現象を検出する特性検出装置とを有する。

【0016】また、本発明に関わる他のセンサーシステムは、入射した光を伝送する光ファイバと、前記光ファイバのコアとは径の異なるコアを有し、前記第1の光ファイバのコアと前記コアが接合するように設けられたヘテロ・コア部と、前記ヘテロ・コア部の周囲を被覆し、外部が試料に接触される金属薄膜とを有する屈折率センサーと、所定の光を発生し、該発生した光を、前記光ファイバの前記屈折率センサーのコアが接合されている端部とは反対の端部より当該光ファイバに入射する光源と、前記光ファイバの前記光を入射した端部より出射される、

前記入射した光の後方散乱光の所定の特性を検出し、当該特性の検出結果に基づいて、前記試料の所定の物理量、化学量または現象を検出する特性検出装置とを有する。

【0017】また、本発明に関わる光ファイバは、入射した光を伝送する第1および第2の光ファイバ部と、前記第1の光ファイバ部および第2の光ファイバ部のコアよりは径の小さいコアを有し、前記第1の光ファイバ部および第2の光ファイバ部の間に挟装されるヘテロ・コア部と、前記ヘテロ・コア部の周囲を被覆した金属薄膜とを有する。

【0018】また、光ファイバは、コアおよびクラッドを有し、入射された光が実質的に損失なく伝播されるように形成された光伝送線路のことを言う。

【0019】

【発明の実施の形態】本発明の一実施の形態の屈折率測定システムについて、図1および図2を参照して説明する。図1は、本実施の形態の屈折率測定システムの構成を示す図である。屈折率測定システム1は、プラズモン共鳴センサー10、光ファイバ（伝送ファイバ）20、光源30およびスペクトルアナライザ40を有する。

【0020】まず、各部の構成について説明する。光源30は、所望の光を発光して光ファイバ11を介して、プラズモン共鳴センサー10に入射する。本実施の形態において光源30は、全ての波長の光を含む白色の光を発光するものとする。

【0021】光ファイバ20は、光源30で発生された光をプラズモン共鳴センサー10に伝送する、特許請求の範囲の第1の光伝送部、第1の光ファイバ部に相当する第1の光ファイバと、プラズモン共鳴センサー10を通過した光をスペクトルアナライザ40に伝送する、特許請求の範囲の第2の光伝送部、第2の光ファイバ部に相当する第2の光ファイバを有し、光源30で発生された光を、プラズモン共鳴センサー10を通過させてスペクトルアナライザ40に入射させる。この光ファイバ20は、通常普及している伝送用光ファイバであって、コア径50 μ mのマルチ・モードファイバである。

【0022】プラズモン共鳴センサー10は、検査対象の試料に接触され、その試料の屈折率を測定するセンサー部分であり、光ファイバ20（11）を介して入力された光に対して、表面プラズモン共鳴現象により、試料の特性に基づく所定の入射角の光の光強度を減少させる。プラズモン共鳴センサー10の構成を図2に示す図である。図2に示すように、プラズモン共鳴センサー10は、光ファイバ（伝送ファイバ）11、ヘテロ・コア部14、金属薄膜17を有する。なお、光ファイバ11はコア12およびクラッド13を有し、ヘテロ・コア部14は、コア15およびクラッド16を有する。

【0023】光ファイバ11は、光源30で発生された光を伝送してヘテロ・コア部14に入射する。また、ヘ

テロ・コア部14を通過した光をスペクトルアナライザ40に伝送する。なお、光ファイバ11は、図1に示した光ファイバ20と同一であり、その端部に相当する。

【0024】ヘテロ・コア部14は、光ファイバ11のコア12より十分径の小さいコア15を有する光ファイバを、光ファイバ11の間に融着して設けたものである。本実施の形態において、ヘテロ・コア部14のコア15の径は3 μ mであり、ヘテロ・コア部14の長さは、数mmから数cmである。

【0025】金属薄膜は、ヘテロ・コア部14を被覆するように任意の方法でコーティングされた金属皮膜であり、本実施の形態においては金もしくは銀の薄膜である。

【0026】スペクトルアナライザ40は、光ファイバ11を介して入射された光のスペクトル分布を、各波長の光強度が観察可能な状態で表示する。これにより測定者は、減衰している光の波長を観察することができ、予め得られている屈折率との相関を参照することにより、プラズモン共鳴センサー10が接触している試料の屈折率を知ることができる。

【0027】次に、このような構成の屈折率測定システム1の動作を説明する。光源30で発せられた光は、大きなコア径の光ファイバ20(11)内を伝送されて、プラズモン共鳴センサー10のヘテロ・コア部14に入射される。ヘテロ・コア部14に光が入射されると、光ファイバ11のコア12を伝送されてきた光は、相当の量がヘテロ・コア部14のクラッド部16に広がり、クラッド部16では、クラディングモードとして、ファイバの外境界面19で光の反射が行われるようになる。

【0028】クラッド外境界面19には金属薄膜17が形成されているため、これにより先に述べた表面プラズモン現象が励起されることになる。その結果、金属薄膜17の表面の雰囲気に影響された、すなわち試料の特性に依存した所定の入射角の光が表面プラズモン現象の励起に使われることになり、光の強度が減少される。ヘテロ・コア部14に入射された光は、そのようにして特定の光の強度が減少されながらも、再び光ファイバ11に入射される。すなわち、表面プラズモン共鳴(SPR)によるスペクトルは、ヘテロ・コア部14後段の伝送光ファイバ11中の光強度に反映される。

【0029】そして、スペクトルアナライザ40において、入射された光の中で波長に対する損失の度を求め、これより屈折率を求める。光ファイバ中では、伝送される光は、クラッド内側から外側に向けて複数の角度で入射することが考えられる。これは、クラッド内でのクラディングモードが複数存在するためであるが、モードによる角度の違いはある角度を中心に分布を持つので、角度の広がりそれほど大きくない。そこで、光ファイバの曲率など設置条件を一定にして、波長に対する損失の度合いと屈折率の相関を明らかにしておけば、屈

折率はその波長に対する損失から測定される。

【0030】このように、本実施の形態の屈折率測定装置1においては、ヘテロ・コア構造のセンサーに金属薄膜を付与し、表面プラズモン共鳴効果を生じせしめ、光ファイバ内の伝送光の損失と被測定試料の屈折率間の相関関係から、屈折率を測定するようにしている。したがって、液体および気体の所望の試料をプラズモン共鳴センサー10の金属薄膜17に接触させるだけで、その試料の屈折率を容易に測定することができる。すなわち、被測定対象をサンプルすることなく、試料の屈折率の測定が可能となる。

【0031】また、そのプラズモン共鳴センサー10の構造は、コア径の違う光ファイバを伝送光ファイバの途中に融着し、その周囲に金属薄膜をコーティングすればよいだけで非常に簡単であり、従来の光ファイバのコアを剥き出しにしたり、コアをずらすなどの工程に比べて、容易に製造することができる。また、測定用の光も、光ファイバに光を入射すればよいだけなので、既存の光源を使用することができ、光学系の構成も簡単にできる。

【0032】なお、本発明は本実施の形態に限られるものではなく、任意好適な種々の変更が可能である。たとえば、プラズモン共鳴センサーの構成も、図2に示す構成に限られるものではなく、たとえば図3に示すように、ヘテロ・コア部を伝送ファイバ11のコア12の径よりも大きいコア18を有するファイバを用いるようにしてもよい。図3に例示する構成においては、実質的にコア18からなるクラッドのない光伝送部材をヘテロ・コア部として用いたものである。このような構成のプラズモン共鳴センサー10bにおいても、伝送ファイバ11のコア12を伝送されてきた光はコア18の全域に広がることとなり、図2に示したプラズモン共鳴センサー10と同様にプラズモン共鳴現象が生じ、同様の効果を得ることができる。

【0033】また、プラズモン共鳴センサー10のヘテロ・コア部14の長さ、コア15の径、およびそれらの組み合わせは、本実施の形態に限られるものではなく、外界の影響を測定に適した程度に受けられるように任意に選択すればよい。

【0034】また、本実施の形態においては、白色光源とスペクトルアナライザを用いて減衰を示す波長の損失から屈折率を求めたが、たとえば光源30が単色の光を発するようにしておけば、屈折率はそのときの光の減衰量と相関を持つことになるので、光の減衰量から屈折率を測定できることになる。そのような構成としてもよい。

【0035】また、光ファイバはマルチモードである必要はなく、シングルモードファイバでもよい。また、光のスペクトルや強度を測定する機器は、スペクトルアナライザに限られるものではなく、任意の装置でよい。

【0036】また、本発明はOTDR(Optical Time Domain Reflectometry: 時分割光反射測定)法を用いることにより、図4に示すようなシステム1b、1cによっても実施することができる。なお、OTDRは、光ファイバにレーザ光などの光パルスを入射させ、光伝送の途中から入射側(後方)に戻ってくる後方散乱光を時間分解して測定するもので、光伝送路の任意の位置の情報を実時間で測定することができるものである。図4(A)に示すシステムにおいては、OTDR装置50を用いてプラズモン現象を生じる波長の光を光ファイバ20に入射し、その後方散乱光(レイジー散乱)を測定する。この後方散乱光も、センサー部(ヘテロ・コア部10)の光の減衰に応じて変化するもので、OTDRの測定する光強度は屈折率によって変化するることになり、実質的に光強度を測定することにより屈折率を知ることができる。

【0037】なお、このような後方散乱角を検出するシステムであって、ヘテロ・コア部において後方散乱する光を検出して屈折率を測定するのであれば、図4(B)に示すように、実質的にヘテロ・コア部を終端とするような測定用の光ファイバを用いるようにしてもよい。そのような構成も本発明の範囲内である。

【0038】また、本実施の形態においては、屈折率測定システムを例示して本発明を説明したが、本発明は、それ以外の種々のシステムに適用することができる。たとえば、屈折率に依存する種々の物理量、化学量、あるいは現象、状態などを検出あるいは観察する装置に適用することができる。具体的には、たとえば、屈折率に依存する酸度、種々の物質の濃度、種々の物質の密度、液体および気体の種類などを検出するセンサーシステムに適用することができる。また、たとえば生体内の状態の検査、原子炉などの状態の検査などのセンサーシステムにも適用することができる。また、液体、気体、固体に含まれる成分の検出ならびに定量も可能である。また、たんぱく質濃度を測定するバイオセンサーも可能となる。

【0039】なお、これら特定用途のセンサーシステムは、いずれも、本実施の形態のような構成により試料の屈折率を測定した後段の装置として、あるいは、プラズモン共鳴センサーを通過した光を検出して直接に受光する装置として、プラズモン共鳴センサー通過光の特性をそれら検出対象の物理量、化学量、現象、状態などに対応させるための特性検出装置とも言うべき信号処理装置を設ければよいのであり、これらのシステムも本発明の範囲内であることは明らかである。

【0040】また、図5に示すように、図1に示したようなプラズモン共鳴センサーを有する光ファイバを多数設けることにより、多点の物理量、化学量あるいは現象を実時間で同時並行的に観察することのできるネットワークセンシングシステムを構成することができる。本発明に関わるセンサーは、通常の光ファイバと同様に扱え

るので、このような構成のセンシングシステムを容易に構築することができる。

【0041】

【発明の効果】このように本発明によれば、簡単な構成で製造が簡単で、所望の試料の屈折率を容易かつ正確に測定することのできる屈折率センサーを提供することができる。また、簡単な構成で製造が簡単で、所望の試料の屈折率を容易かつ正確に測定し、これによりその試料に関わる物理量、化学量あるいは現象などを適切に検出することのできるセンサーシステムを提供することができる。さらに、簡単な構成で製造が簡単で、所望の試料の屈折率を容易かつ正確に測定することのできる屈折率センサー部分を有する、光伝送用の光ファイバを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】図1は、本発明の一実施の形態の屈折率測定システムの構成を示すブロック図である。

【図2】図2は図1に示した屈折率測定システムにおいて用いられるプラズモン共鳴センサの構成を示す図である。

【図3】図3は、本発明に関わるプラズモン共鳴センサの他の例を示す図である。

【図4】図4は、本発明に関わる屈折率測定システムの他の例を示す図である。

【図5】図5は、本発明の一実施の形態のネットワークセンシングシステムの構成を示す図である。

【図6】図6は、表面プラズモン現象を説明するための図である。

【図7】図7は、表面プラズモン現象を利用した従来のセンサーの一例を示す図である。

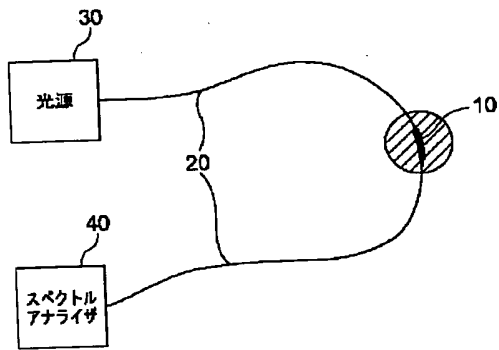
【図8】図8は、表面プラズモン現象を利用した従来のセンサーの他の例を示す図である。

【図9】図9は、表面プラズモン現象を利用した従来のセンサーの他の例を示す図である。

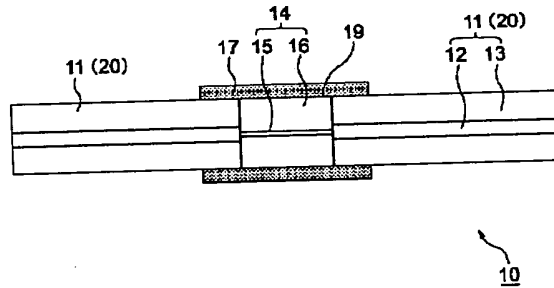
【符号の説明】

- 1、1b…屈折率測定システム
- 10、10b…プラズモン共鳴センサー
- 11…光ファイバ
- 12…コア
- 13…クラッド
- 14…ヘテロ・コア部
- 15…コア
- 16…クラッド
- 17…金属薄膜
- 18…ファイバ外境界面
- 20…光ファイバ(伝送ファイバ)
- 30…光源
- 40…スペクトルアナライザ
- 50…OTDR

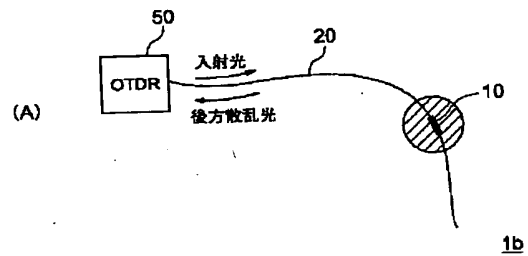
【図1】



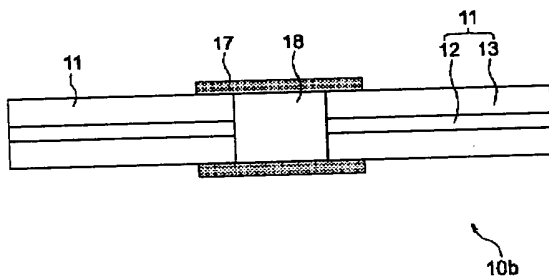
【図2】



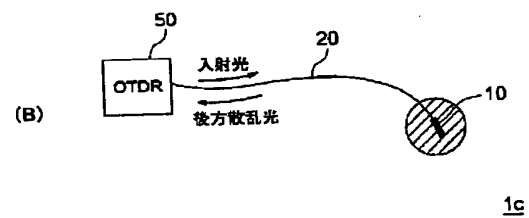
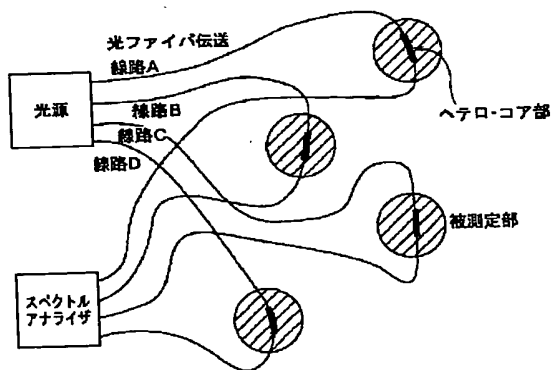
【図4】



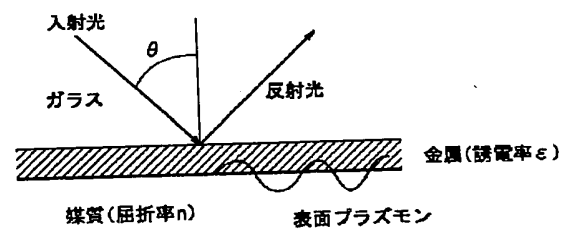
【図3】



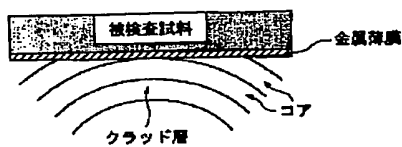
【図5】



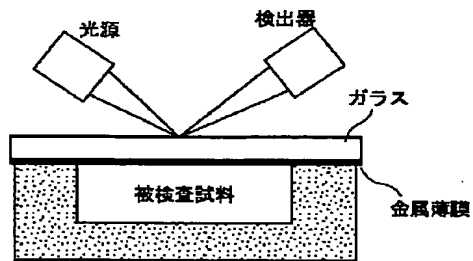
【図6】



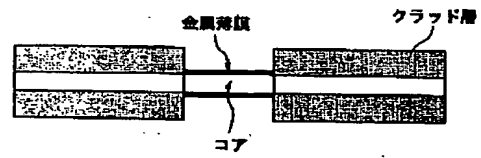
【図8】



【図7】



【図9】



フロントページの続き

(72)発明者 伊賀 光博
東京都八王子市丹木町1-236 創価大学
内

(72)発明者 久保田 譲
東京都八王子市丹木町1-236 創価大学
内

Fターム(参考) 2G059 AA02 BB04 EE02 EE04 GG01
GG08 JJ17 KK01 MM01 PP04